Die Südgrenze der Rhodopen

Ein Beitrag zur stratigraphischen Auflösung des Kristallins auf der Halbinsel Chalkidike

Von W. H. Neubauer

Mit 5 Textabbildungen und 2 Beilagen

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. Jänner 1956)

Regionale Probleme.

Als Rhodopemasse bezeichnet man in der regionalen Geologie eine hochkristalline, im wesentlichen vorpaläozoische Grundgebirgsscholle, die aus dem südostjugoslawischen Raum herausstreichend sich über beträchtliche Teile griechisch Makedoniens und Südbulgariens erstreckt. Ihre typische Ausbildung erfährt die Rhodopemasse im sogenannten Rhodopegebirge an der griechisch-bulgarischen Grenze, wo auch der Kern des alten Schildes zu suchen ist. Regionaltektonisch bilden die Rhodopen das trennende Grundgebirgsschild zwischen dem alpin-karpatischen Gebirgsstrang und den Dinariden. Im Sinne L. Kobers 1932 wären die Rhodopen als eine Art Zwischengebirge aufzufassen.

Die Südwestgrenze des hochkristallinen Rhodopemassivs gegen den säumenden paläozoischen Schieferkomplex der äußeren Vardarzone ist als solche noch nicht im Detail festgelegt worden. In den grundlegenden Arbeiten über die Geologie Makedoniens von F. Kossmat, O. W. Erdmannsdörfer, K. Osswald, A. Wurm u. a. wird einerseits von anscheinender Konkordanz der Velesserie R. Kossmats über dem Rhodopekristallin, anderseits von tektonischer Verschweißung gesprochen. Die jüngeren, vor allem montangeologischen Arbeiten G. Hiessleitners, M. Donaths, F. Schumachers und A. Cissarzs im jugoslawischen Raum haben weitere wertvolle Einzelheiten über die Lagerungsverhältnisse eruptiver Gesteine zu deren Rahmen gebracht, eine genau Abtrennung des Hochkristallins gegenüber minderkristallinen Serien war jedoch nicht immer mög-

lich gewesen. In Südostjugoslawien, im Kern der Vadarzone, sind die Chancen für eine solche Trennung auch ziemlich gering, da infolge der jungen Durchbewegung der Vadarzone alte Kontakte weitgehend verwischt und tektonisch umgeprägt wurden. Überdies haben mehrere Erforscher des jugoslawisch-griechischen Raumes am Südwestsaum der Rhodopen graduelle, im Detail oft rasch wechselnde Metamorphoseerhöhungen festgestellt, so daß auch der Metamorphosehabitus der kristallinen Gesteine für eine stratigraphische Grundgebirgsauflösung wenig in Frage kommt.

Was nun die Verhältnisse auf der Halbinsel Chalkidike betrifft, so sind die Bedingungen für ein kartierungsmäßiges Festhalten der Rhodopengrenze wesentlich günstiger, da im Doiran-Ast der südöstlichsten Vadarzone die intensive Schuppenbewegung allmählich ausklingt und einem regelmäßigen isoklinalen Faltenbau Platz macht. Es ist daher die Vermutung naheliegend, daß alte Diskordanzen und Metamorphoseunterschiede als solche wesentlich besser erhalten sein müssen als weiter im NW. Tatsächlich sind, begünstigt durch ausgedehnte montangeologische Untersuchungen im östlichen und zentralen Teil der Chalkidike während der Jahre 1951 bis 1955, primäre Diskordanzen mit beträchtlichen Metamorphosedifferenzen zwischen Liegendem und Hangendem aufgefunden und als regionales Element über 25 km im Streichen verfolgt worden.

Profilbeschreibung.

Im folgenden sollen einige geologische Profile quer zum Streichen der genannten Diskordanz beschrieben und diskutiert werden.

Profil 1. SSW—NNE-Profil durch das Bergbaugebiet der Lagerstätte Madem Laccos (Kassandra-Gruben), 4 km westlich von Stratoni (Abb. 1).

Der von der Grubenstraße Stratoni—Stratoniki gegen N ansteigende bewaldete Berghang ist im Bereich des Profils aus hochkristallinen, massigen, schlecht gebankten Biotitgneisen und Zweiglimmergneisen aufgebaut, die meist trotz ihres Feldspatreichtums ziemlich feinkörnig sind und akzessorisch Hornblende und Epidot führen (Hornblende-Epidotgneise). Eine lokale Ausbildung (Wagonia) erfahren quarzitische Chloritgneise und bituminöse (!) Chlorit-Hornblendegneise. Amphibolitbänder nehmen eine mehr untergeordnete Stellung ein, gehen aus den Hornblendegneisen hervor und sind an die Nachbarschaft karbonathaltiger Gesteine geknüpft. Im Hangenden dieser Gneisserie sind bis 300 m mächtige, bauchige Marmorbänder und Linsen entwickelt, ohne Aus-

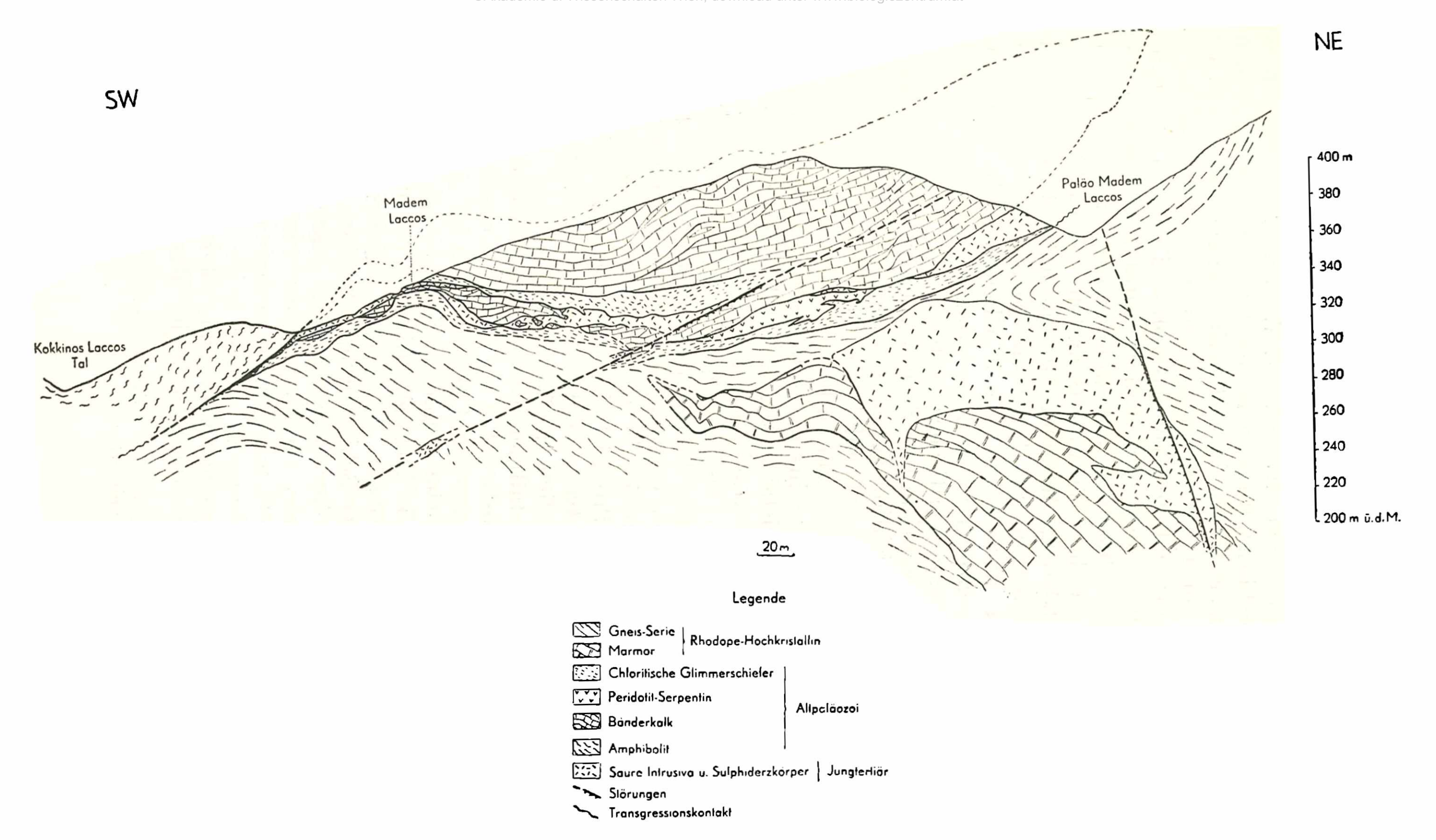


Abb. 1. Querprofil am Rande der Rhodopen bei der Bergbausiedlung Madem Laccos westlich von Stratoni.

nahme von hochkristalliner zuckerkörniger Struktur. In den Diamantbohrlöchern von Wagonia (NW von Madem Laccos) wurden in der hochkristallinen Serie häufig gering mächtige Einschlüsse serpentinisierter Dunite und Peridotite gefunden. In einem Fall durchadert ein 1 cm mächtiger vertikaler Dunitgang hochkristallinen Marmor und wird von Tremolith, Talk und Ophicalzit als Kontaktbildungen umflossen. Daß die Ultrabasite häufig in der Umgebung von Amphiboliten anzutreffen sind, erregt Verdacht hinsichtlich genetischer Verwandtschaften. Tatsächlich gehen manche hornblendehaltige Metamorphite durch Amphibolsprossung aus den Duniten hervor und beweisen damit das vor- bis syntektonische Alter der ultrabasischen Glieder. Falls aplitische Magmen mit Serpentinen in Reaktion kommen, besteht die Tendenz zur Bildung granodioritischer Gesteine.

Die gesamte hochkristalline Serie ist durch starke aplitische und pegmatitische Injektion gekennzeichnet — Lagergänge sind vorherrschend —, die im Extremfall zur vollständigen Assimilation weiter kristalliner Bereiche führen kann.

Die geschilderte Gesteinsvergesellschaftung ist ziemlich typisch für das Rhodopekristallin auf der Halbinsel Chalkidike.

Hinsichtlich ihrer tektonisch-metamorphen Prägung ist die Gneis-Marmor-Serie meso- bis katazonal, und statische Bedingungen sind bei der Dynamometamorphose vorherrschend gewesen. Dementsprechend fehlt den Gneisen gute Plattenbildung und Striemung. Das Hochkristallin ist in weitspannige Falten geworfen. Charakteristisch für das Profil ist eine nach NE geöffnete liegende Synklinale unter dem Paläo-Madem-Laccos-Tal. Schicht- und Faltenstreichen ist einheitlich N 45—50° W.

Über dieser hochkristallinen Gruppe baut sich ein deutlich minder metamorphes Gesteinspaket auf, dessen Kontakt im Stollen 323 der Grube Madem Laccos gut zu studieren ist. An der Basis beobachtet man phyllitische Chlorit-Sericitschiefer, kaum feldspatisiert, in welche ein 15—20 m mächtiger serpentinisierter Peridotit intrudiert wurde. Gegen W nehmen sericitische Glimmerschiefer überhand. Über den Schiefern und Phylliten folgt flaseriger bituminöser Bänderkalk[1], der nahe der Basis anscheinend primärsedimentär mit den liegenden Phylliten gemischt ist. Außerhalb des Profils, am Mt. Carbono (500 m westlich), enthalten die Kalke Einschlüsse von Mergelsandsteinen, welche keine Spur von metamorpher Umwandlung zeigen. Kalke und Mergelsandstein sind leider völlig fossilleer. Im Hangenden der Bänderkalke ist eine

[1] M. Lugeon und H. Sigg haben bereits 1917 für diese Kalke relativ jüngeres Alter in Betracht gezogen.

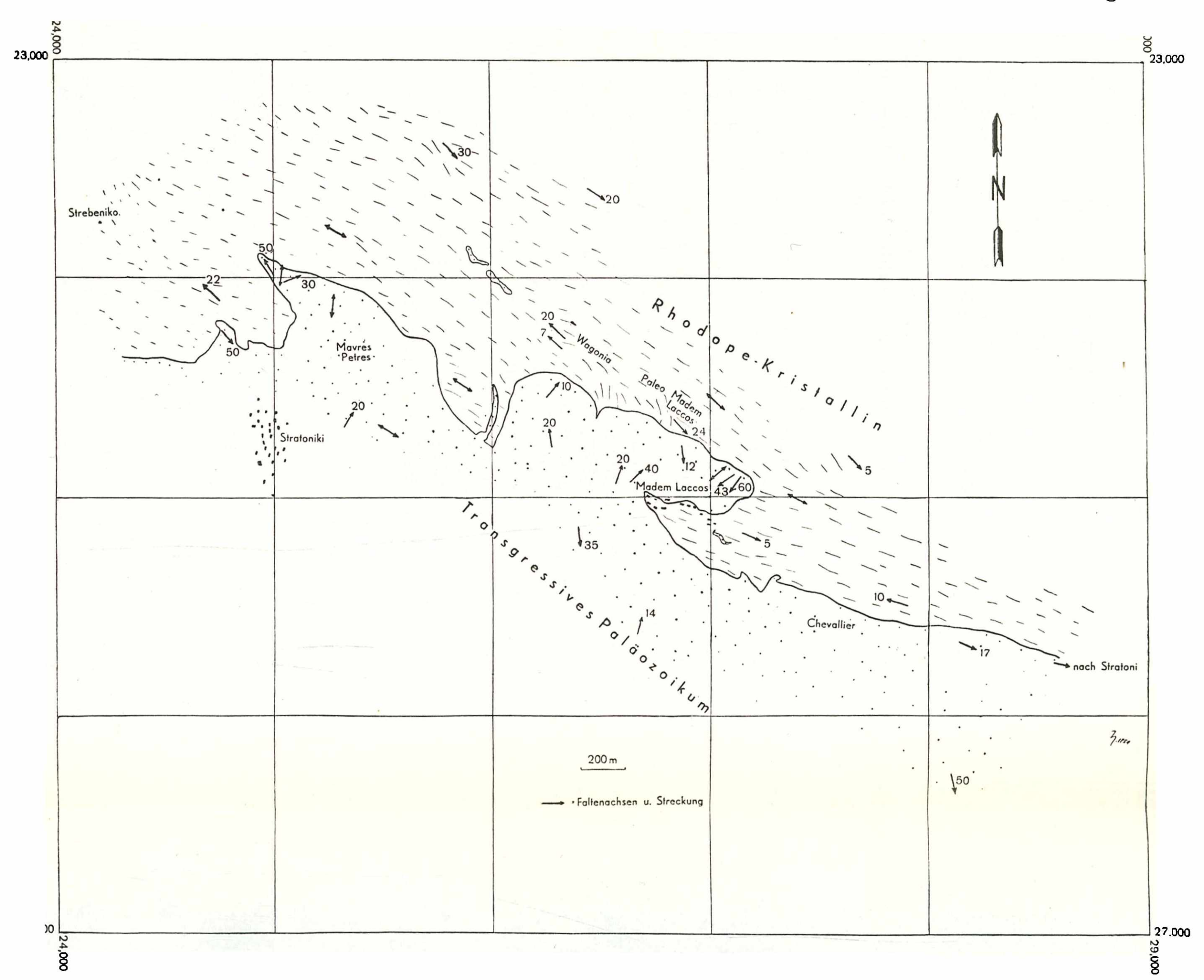


Abb. 2. Karte der B-Achsendiskordanz im Raum Stratoni-Stratoniki.

mächtige Amphibolitserie verbreitet, bestehend aus feinkörnigen Chlorit-Amphibolitschiefern und Amphiboliten reich an Linsen und Fladen dunitisch-peridotitischer Gesteine. Pyroxenite sind weniger häufig. Die ultrabasischen Einschaltungen haben die Regionalmetamorphose der Amphibolitserie mitgemacht, dementsprechend ist Serpentinisierung allgemein verbreitet. Serpentinschiefer und Chrysotilasbest bilden die tektonische Randfazies der ultrabasischen Einschlüsse. Auch nephritische Asbestarten kommen vor.

Das gesamte minderkristalline Gesteinspaket fällt flach gegen S — eine leichte Einmuldung der Schiefer und Kalke tritt unmittelbar nördlich der Bergbausiedlung von Madem Laccos auf — und bildet hiermit eine deutlich erkennbare Diskordanz mit dem höher metamorphen Untergrund.

Zum Unterschied gegenüber dem Rhodopekristallin sind die hangenden Formationen frei von sauren Intrusiva (wenn man von dem Madem-Laccos-Intrusivkörper absieht, welcher viel jünger ist und im Rahmen dieses Themas wenig Bedeutung hat), welche im Liegenden so charakteristisch waren. Hingegen sind Quarzgänge besonders in der Amphibolitserie häufig.

Neben der stofflichen Diskordanz und dem Hiatus in der Metamorphose ist den beiden Stockwerken auch eine tektonische Diskordanz eigen, die sich besonders im völlig verschiedenen Streichen der B-Achsen äußert (Abb. 2 auf Beilage 1). Die Achsenpole der Rhodopegneise zeigen ein scharfes SE-Maximum mit nur leichter Streuung gegen S. Die Faltenachsen der Bänderkalke und der basalen Phyllite pendeln meist unruhig und geben zahlreiche unscharfe Maxima, jedoch ist eine deutlich wahrnehmbare Konzentration der Achsenpole im NE- und SW-Sektor zu verzeichnen.

Profil 2. N—S-Profil durch das Bergbaugebiet von Mavres Petres zwischen Madem Laccos und Stratoniki (Abb. 3).

Das Rhodopekristallin des Liegendkomplexes ist ziemlich monoton und hier vorwiegend in der Hornblendegneis-Amphibolitfazies ausgebildet. Gegen N nimmt die Durchschießung und Assimilation der Metamorphite durch glimmerarme Pegmatite rasch zu und die Höhenzüge nördlich von Mavres Petres sind fast zur Gänze aus Pegmatitgranit aufgebaut, mit sporadischen bandartigen Relikten der Gneisserie. Der Pegmatitgranit ist hinsichtlich der Hauptkluftbankung in die allgemeine NW-Richtung des Grundgebirges eingeregelt, ebenso existieren Andeutungen zu Lagentextur der Gesteinsgemengeteile und lokale Übergänge zu Pegmatitgneisen. Die Amphibolite des Basalkristallins von Mavres Petres fallen steil gegen S ein und werden wieder deutlich diskordant von



Abb. 3. Querprofil durch die Schichtendiskordanz bei Mavres Petres östlich von Stratoniki.

einem dünnen Bänderkalkzug und darauffolgenden chloritischen Amphibolschiefern überlagert. Die Pegmatite setzen nirgends in die Amphibolitserie hinein! Der Kontakt ist mineralisiert (Erzkörper Chevallier—Piavitza), und die hangenden Amphibolite sind durch hydrothermale Beeinflussung weitgehend zersetzt und chloritisiert worden. Ultrabasische Einschaltungen sind weniger häufig als im Gebiet von Madem Laccos.

Das Fallen des diskordanten Schichtpaketes ist wieder flach gegen S gerichtet, doch ist ziemlich viel Detailtektonik vorhanden, mit häufiger Querfaltung stumpfwinkelig zum Streichen der Rhodopen.

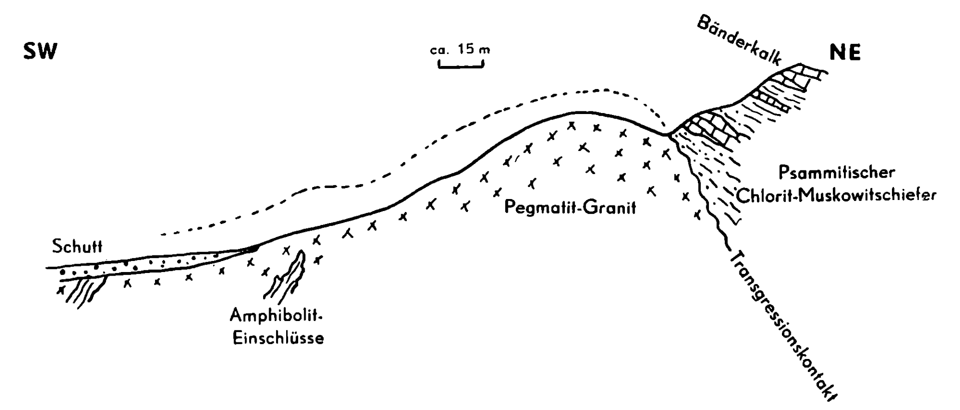


Abb. 4. Der Südrand der Rhodopen nördlich der Kirche Ag. Paraskevi bei Stratoniki.

P r o f i l 3. SW—NE-Profil nordwestlich der Ortschaft Stratoniki bei der Kirche Ag. Paraskevi (Abb. 4).

Das Rhodopekristallin ist hier völlig von Pegmatitgranit assimiliert worden. Leicht gneisartiger Habitus verleiht dem Gestein das Attribut einer synorogenen Bildung. Dem sauren Intrusionsgestein sitzt eine jüngere Formation transgressiv auf, welche am ersten Höhenkamm nördlich von Stratoniki synklinal eingemuldet ist und deren Kontakte von drei Seiten her gut sichtbar sind. An der Basis der transgressiven Serie finden sich plattige, verfältelte Chlorit-Muskowitschiefer mit deutlicher, die metamorphe Blastese überdauernder Psammitstruktur. Die geringe Albitisierung des Gesteins kann über deren Entstehung aus Arkosesandsteinen nicht hinwegtäuschen. In den höheren Partien nimmt das Gestein allmählich den Habitus eines Quarzitgneises an und ist mit sericitischen Kalkmarmoren und Bänderkalken primär vermischt.

1 km westlich von Stratoniki sind im Hangenden des Pegmatitgranitmassivs ähnliche phyllitische Chlorit-Sericitschiefer und Kalklinsen vorhanden, an deren Basis grobklastische Gesteine vorkommen. Direkt über dem Intrusivgestein wurden gering mächtige, kaum metamorphe Arkosesandsteine mit erbsengroßen Quarzgeröllen gefunden, die eindeutig die transgressive Auflagerung auf den Granit des Rhodopekristallins beweisen. Auf dem alten Schienenweg, der von Staigira nach Piavitza führt, lassen sich Lesestücke von Quarzkonglomeraten des öfteren aufsammeln.

Profil 4. N—S-Profil entlang des oberen Piavitzabaches bei Piavitza, 3 km westlich von Staigira (Abb. 5).

Bereichert durch die Erfahrungen im Raum von Stratoniki war es möglich, auch hier die S-Grenze der Rhodopen im Detail festzuhalten, obwohl Diskordanzen fehlen und auch die Metamorphoseunterschiede nicht dermaßen ausgeprägt sind, wie dies weiter im E der Fall war.

In Piavitza besteht das Rhodopekristallin aus mittelsteil SW-fallenden feldspatreichen Biotitgneisen mit eingeschalteten Amphibolitbänken und kräftiger saurer Injektion aplitisch-pegmatitischer Zusammensetzung. Das Hangende ist wesentlich schwächer metamorph und besteht aus epimetamorphen Chloritphylliten, chloritischen Glimmerschiefern und Sericitquarziten. Auch dünne Bänderkalkzüge kommen vor. Durchaderungen mit Quarzgängen sind sehr verbreitet. Grüne, wenig frische Quarzporphyre sind sowohl im Ausbiß als auch in mehreren Diamantbohrlöchern von Piavitza gefunden worden. Dr. Zirkel, petrographisches Institut der Universität Wien, der freundlicherweise mehrer Quarzporphyre von Piavitza mikroskopiert hat, gibt nachstehende Charakteristik: Einsprenglinge von muskowitisierten zonaren Oligoklasen mit 20 bis 30% An und feiner Zwillingslamellierung nach (010), wenig Orthoklas und augenartiger Quarz. Ferner schwach gefärbten, schwach pleochroitischen Biotit, primären Muskowit mit Rutil (Sagenit) und etwas chloritisierte Hornblende. Als Grundmasse finden sich dieselben Minerale neben Magnetit, Ilmenit, Apatit und sekundärem Kalzit.

Der Kontakt des Rhodopekristallins gegen die Schieferserie von Piavitza ist im Profil unscharf infolge graduell gegen S abnehmender Metamorphose. Der zuckerkörnige Marmor, der einen kleinen Wasserfall des Piavitzabaches verursacht, gehört sicher noch zum Hochkristallin. Darüber folgen Pegmatite, dann massige Gneisquarzite, die in die oben geschilderten Glimmerschiefer und Phyllite übergehen.

Profil 5. W—E-Profil entlang der Autostraße Saloniki—Stavros bei der Ortschaft Rendina („Stena"-Enge, Abb. 6).

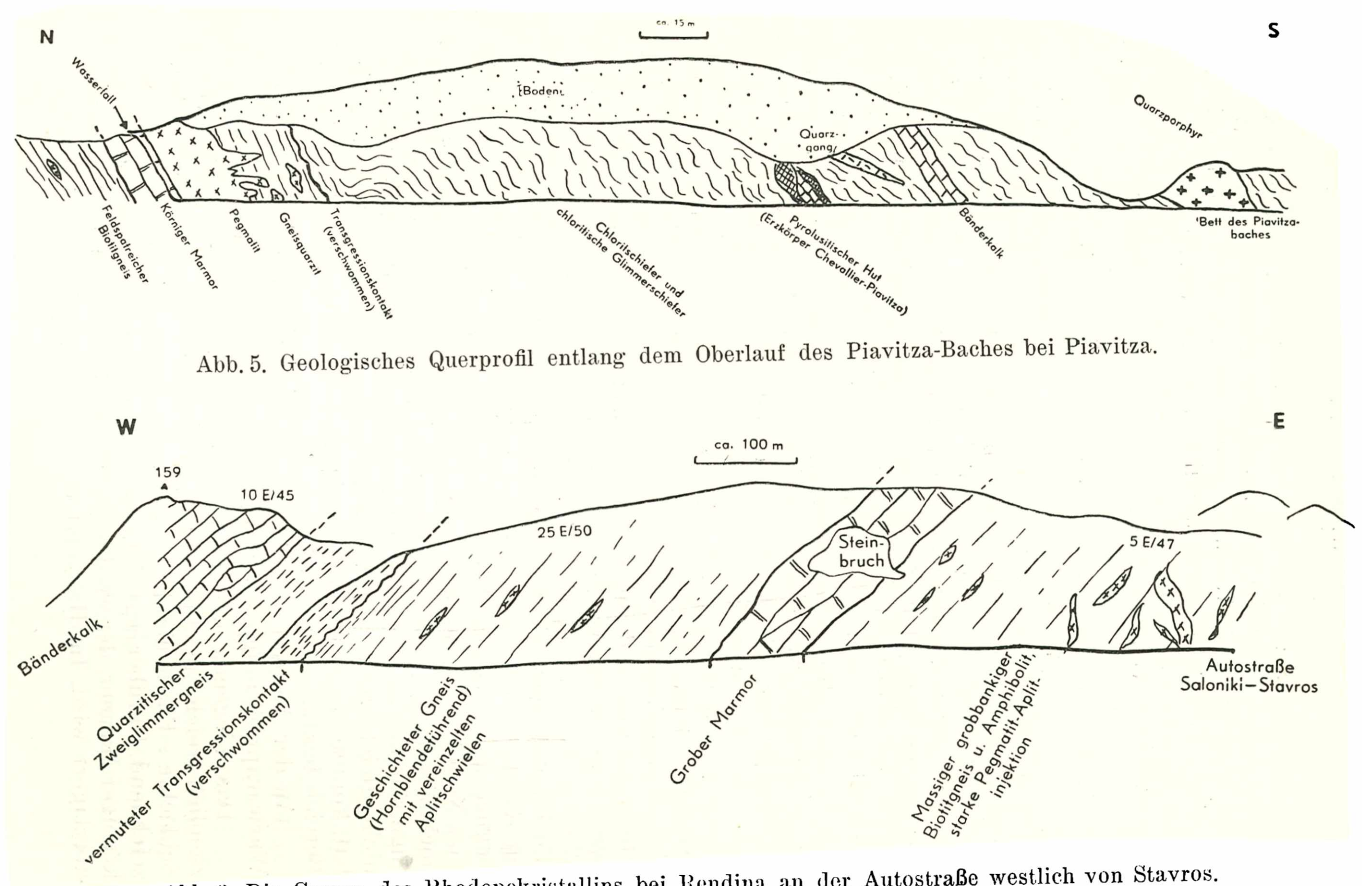


Abb. 5. Geologisches Querprofil entlang dem Oberlauf des Piavitza-Baches bei Piavitza.

Abb. 6. Die Grenze des Rhodopekristallins bei Rendina an der Autostraße westlich von Stavros.

Hatte die Südgrenze der Rhodopen bislang E—W-liche Streichrichtung, so tritt bei Piavitza ein Umschwenken in die NW-Richtung ein. Nördlich Warwara dreht der Kontakt gänzlich in die N—S-Richtung um und westlich Stavros wurde sogar 10°iges E-Streichen beobachtet.

Nördlich von Piavitza sind in den Hangendpartien des Rhodopekristallins mächtige Marmorzüge entwickelt, die ihrerseits den hellen, grobkörnigen Zweiglimmergneisen und Epidot-Hornblendegneisen von Olympias aufsitzen. Über den Marmoren liegen ziemlich stoffkonkordant chloritische Glimmerschiefer und Phyllite, die nördlich Warwara chloritischen Biotit-Muskowitschiefern und Quarzitgneisen Platz machen. Bei der Ortschaft Modi ist die Gesteinsvergesellschaftung mannigfacher und setzt sich vorwiegend aus stengeligen Hellglimmerschiefern mit gneisartigem Habitus sowie aus chloritischen Sericitschiefern zusammen. Dem Domusflußlauf aufwärts folgend trifft man in dieser Serie Einschlüsse von Orthoamphiboliten (Gabbroamphiboliten) und zahlreiche schmal dimensionierte Kalkglimmerschieferschollen. Die Fortsetzung der Madem Laccos—Stratoniki-Kalke bildet der mächtige bituminöse Kalkzug Warwara—Rendina, dessen nördlicher Teil von F. Maratos kartiert wurde. F. Maratos hat die bituminös-graphitischen Anflüge auf den s-Flächen der Kalke von Rendina fälschlicherweise für Manganerz gehalten, das Beziehungen zu einer Störung haben soll. Im Bett des Domusflusses schalten sich zwischen den hochkristallinen Marmoren der Rhodopen und dem Warwarakalkzug chloritische Biotitschiefer ein. Der Kontakt gegen die Rhodopen ist hier konkordant und ähnlich den Verhältnissen im Raume von Stratoniki durch teils leicht mineralisierte Linsen pegmatitischer-aplitischer Gesteine gekennzeichnet.

Nordöstlich von Modi treten am Westhang des Kolianiberges hochkristalliner Rhodopemarmor und bituminöser Warwarakalk in enge räumliche Beziehungen. Die beiden Karbonatzüge sind jedoch nicht gleichalterig! F. Maratos, der 1952 das Gebiet kartiert hat, konnte das Problem noch nicht erkennen, das aus dem lokalen Bereich heraus auch tatsächlich schwer zu lösen gewesen wäre.

An der Autostraße Saloniki—Stavros ist wieder das typische Warwaraprofil aufgeschlossen, wie es oben geschildert wurde.

Das Liegende des Profils bilden grobbankige Biotitgneise, ziemlich reich an Plagioklas, mit dünnen Amphibolitbändern. Schlechte s-Flächenbildung und starke Pegmatitinjektion ist kennzeichnend. Darüber legt sich ein etwa 80—100 m mächtiger zuckerkörniger Marmor, der wieder von Biotit-Muskowit-Hornblendegneis überlagert wird. Im Hangenden dieser Formation glaube ich, ge-

stützt auf die Erfahrungen im SE, die den Rhodopen transgressiv auflagernde relativ jüngere Gesteinsserie wieder zu erkennen. Es herrscht wieder strenge Konkordanz, die aber nicht darüber hinwegtäuschen kann, daß das Profil durch einen Metamorphosehiatus in zwei Serien getrennt wird. Das vermutlich jüngere Gesteinspaket ist stark schieferig entwickelt und muß auf Grund des makroskopischen Befundes als quarzitischer Zweiglimmergneis bezeichnet werden. Die Feldspatbeteiligung nimmt in das Hangende hinein rasch ab und Sandsteintextur schimmert unter dem meso- bis epizonal metamorphen Gewand allenthalben durch. Überlagert wird der Sedimentgneis durch die bituminösen Kalke des Zuges Warwara—Rendina.

Versuch einer Seriengliederung des kristallinen Grundgebirges der Chalkidike.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, nimmt das Rhodopehochkristallin auf der Chalkidike kleinere räumliche Ausdehnungen ein, als bisher angenommen wurde, und ist auf den nordöstlichen Zipfel der Halbinsel beschränkt (Abb. 7 auf Beilage 2). Dieses Hochkristallin bildet eine hinsichtlich Stoffbestand und Metamorphose in sich geschlossene Einheit, welche unter den deutlich schwächer metamorphen Bausteinen der Chalkidike nicht wieder zum Durchbruch kommt. Einen integrierenden Bestandteil des Rhodopemassivs bilden die Aplite-Pegmatitgranite und Granodiorite, die von K. Osswald als eozäne Intrusionen angesehen werden. Die Hauptverbreitung intrusiver Massen fällt in das Gebiet um Stratoniki, wo das Grundgebirge fast nur aus Pegmatiten und Apliten aufgebaut ist, welche infolge ihres geschlossenen Auftretens als gebirgsformende Massen als Pegmatit-Aplitgranite bezeichnet werden. In engem genetischen Zusammenhang mit den Graniten stehen die Granodiorite NW von Stratoni, die als prächtiges Beispiel lokal wirkender Granitisationsmetasomatose beim Zusammentreffen granitischer Restlösungen mit amphibolitischen Metamorphiten entstanden sind. Das Problem der Granodioritgenese wird jedoch noch an anderer Stelle eingehende Betrachtung finden. Das fingerartige Vergreifen der Granodiorite und der Pegmatitgranite mit den Hüllgesteinen und die regionale Einregelung der Intrusiva in den stofflichen Bauplan des Grundgebirges schließen junges Förderalter ziemlich aus. Darüber hinaus sind besonders die Granite durch Aufprägung leichter Lagentextur zu Pegmatitgneisen geworden. Sie sind echte Produkte des synorogenen Magmatismus! Eine zeitliche Einengung erfahren die magmatischen Vorgänge des

Grundgebirges durch die Beobachtungstatsache, daß die Intrusiva in das transgressiv auflagernde Hangendstockwerk nicht hineinsetzen. Einige Ausnahmen existieren allerdings und sollen nicht übersehen werden.

Die Basalglimmerschiefer westlich der Kirche Ag. Paraskevi bei Stratoniki und an der Straße nach Olympias enthalten des öfteren pegmatitisch-aplitische Fladen mit aureolartiger Feldspatisierung der umschließenden Metamorphite. Falls diese sauren Gesteine nicht der erzbringenden tertiären Spaltenintrusion angehören, welche die Kontaktfläche der Rhodopen als Wegweiser benützt haben, so könnte man sich vorstellen, daß im Zuge der relativ jüngeren Dynamometamorphose der Glimmerschiefer Alkali des Hochkristallins mobilisiert wurde und in begrenztem Ausmaß im überkritischen Zustand in das Hangendstockwerk migriert ist.

Einschlüsse von Phylliten im Hochkristallin an der Straße nach Olympias können als schollenartige Einfaltungen von oben betrachtet werden, zumal diese Vorkommen an die Nachbarschaft des Hauptkontaktes geknüpft sind.

Zwischen der Basalzone der Chalkidike, dem Rhodopemassiv und der Phyllitserie K. Osswalds schiebt sich eine breite NW-verlaufende Zone mittelmetamorpher Gesteine mit Granitaufbrüchen, deren Auflagerung auf das Hochkristallin an mehreren Stellen als sedimentär-transgressiv erkannt wurde (Abb. 7 auf Beilage 2). Tektonisch und metamorph nimmt dieser Gesteinszug eine vermittelnde Stellung zwischen Hochkristallin und Phyllitserie ein und soll deshalb im folgenden als mittlere Kristallinzone der Chalkidike bezeichnet werden. Die mittlere Zone läßt sich nun in mehrere Serien aufgliedern, welche meines Erachtens kaum stratigraphische Abfolgen darstellen, sondern als Faziestypen aufgefaßt werden müssen, deren genetische Ursachen einerseits im primären Stoffbestand liegen, anderseits Abbilder magmatisch-tektonischer Vorgänge im begrabenen Grundgebirge sind.

A-Serie.

Die A-Serie hat die Hauptverbreitung gegenüber den anderen Faziesgruppen und nimmt im Raum von Stratoni die Basisstellung der mittleren Zone ein. Hinsichtlich ihrer petrographischen Natur ist der Serie ein Gemisch von mehreren Subfazien eigen, doch der chloritphyllitische, glimmerschieferartige Habitus ist das allgemein vorherrschende Element. Bei Stanos sind die Glimmerschiefer ziemlich stark albitisiert und gehen in helle Sedimentgneise über, die

als Kontaktfazies den Stanosgranit ummanteln. Der Stanosgranit selbst ist randlich als Granitgneis ausgebildet mit deutlichem, dem Rahmen konform streichendem Parallelgefüge. Der Granitgneis von Stanos ist somit ein integrierender Baustein der mittleren Zone und dürfte einem jüngeren magmatischen Zyklus angehören als die Rhodopegranite. Anderseits ist tertiäres Alter recht unwahrscheinlich; Oekonomidis hat 1939 paläozoisches Alter in Betracht gezogen. Zu ähnlichen Schlüssen gelangte W. E. Petrascheck, der die Granite der mittleren Zone bei Lachana untersucht hat. Im phyllitischen Rahmen des Stanosgranites treten auch almandinführende graphitische Sericitschiefer auf, die an Kalkglimmerschiefer gebunden sind. In der A-Serie sind ultrabasische Einschaltungen aus dem Madem-Laccos-Profil bekanntgeworden. Gabbro-Amphibolite wurden bei Modi erwähnt. Die Quarzporphyre von Piavitza sind nur in der A-Serie zu finden. Ihre Zuordenbarkeit zum kristallinen Schiefer der Chalkidike ist jedoch etwas problematisch. Alle Vorkommen liegen nahe einer tektonischen Linie, die durch das Auftreten tertiärer Eruptivgesteine gekennzeichnet ist.

Südlich Stratoni ist die A-Serie sehr hornblende-epidotreich und mit Gesteinen der B-Serie verzahnt. Im Raum Gomati—Meg. Panagia ist die A-Serie in den grünen chloritreichen Sericitschiefern vertreten. Besonders bei Gomati wechseln kaum metamorphe Chloritschiefer (Wathilaccos-Wasserfall) mit mesozonalen Chloritgneisen, welche stark gefeldspatet sind. Der jähe Metamorphosewechsel und das sicherlich nicht tektonisch bedingte Verzahnen von epizonalen mit mesozonalen Metamorphiten ist eines der wesentlichsten Kennzeichen der mittleren Zone. Aber auch aus der Velesserie jugoslawisch Makedoniens und aus der Phyllitserie der westlichen Chalkidike sind ähnliche Phänomene bekanntgemacht worden. G. Hiessleitner erwähnt höher kristalline Gesteine aus dem Liegenden des basischen Zuges von Kran Mahale und aus dem Hangenden des Wafdos Peridotites.

Im Hangenden der A-Serie sind wieder mächtige ultrabasische Ergüsse verbreitet, die das Peridotitmassiv von Gomati aufbauen. Die Ausläufer des an der Küste bei Jerissos auftauchenden und durch den jungen Jerissosgranit unterbrochenen Peridotites sind bis Meg. Panagia verfolgbar. Die starke dynamometamorphe und tektonische Beanspruchung des basischen Zuges haben G. Hiessleitner u. E. Clar geschildert.

Die A-Serie ist relativ kalkreich und zeigt allenthalben verstreute Kalklinsen. Der fast lückenlose, mächtige Kalkzug nahe dem Kontakt gegen die Rhodopen ist eine ausgesprochene Basisentwicklung der A-Serie.

B-Serie.

Die B-Serie oder Amphibolitserie entwickelt sich im Bereich der Kassandra-Gruben unmittelbar im Hangenden der Kalke der A-Serie. Ihr Verbreitungsgebiet ist auf die östliche Chalkidike beschränkt. Die B-Serie ist artenarm und besteht ausschließlich aus chloritischen Amphibolitschiefern und feinkörnigen Amphiboliten, welche sich von den Amphiboliten der Rhodope schlecht unterscheiden lassen. Chloritschiefer mit Albitholoblasten sind südlich von Madem Laccos verbreitet. Besonders die Liegendpartie der B-Serie ist sehr reich an tektonisierten ultrabasischen Gesteinen von linsenartiger Dimension, ohne Zonenbau und Chromerzführung. In die B-Serie gehören auch der von G. Hiessleitner und E. Clar gefundene Serpentinstock westlich Staigira. Die genetischen Beziehungen der Ultrabasite zu den hüllenden Grüngesteinen sind noch nicht restlos geklärt, doch an Hand des Feldbefundes erscheint es mir unwahrscheinlich, daß solche Beziehungen für die Bildung der gesamten Serie verantwortlich gemacht werden können.

C-Serie.

Südlich von Piavitza sind die Übergänge von der B- zur C-Serie unscharf; dasselbe gilt für den Wechsel von A- in C-Serie bei Warwara. Stofflich ist die C-Serie nach der Amphibolitserie die homogenste und besteht aus glimmerschieferartigen Quarzitgneisen und Zweiglimmergneisen. Ein gewisser Granatgehalt ist den plattigen Gneisen des unteren Piavitzaflusses eigen. Mit Ausnahme einer kleinen Kalkmarmorscholle südlich der Piavitzahochebene ist die C-Serie kalkfrei.

Als drittes Stockwerk des kristallinen Untergrundes der Chalkidike unterscheide ich die Hangendzone, die im wesentlichen der Phyllitserie K. Osswalds identisch ist (Abb. 7 auf Beilage 2).

Wie ist nun das stratigraphisch-tektonische Verhältnis der mittleren Zone zur hangenden Zone? Südlich des Cholomongebirges, in der Umgebung der Ortschaften Wrasta und Taxiarchis, gehen die von Kalkbänken durchzogenen Chloritglimmerschiefer der A-Serie allmählich in stark graphitische Sericitschiefer und Phyllite über, die fast gänzlich frei von Albitporphyroblasten sind und epizonalen Habitus aufweisen. Bei Wrasta sind diese Schiefer sekundär mit Manganhydroxyden infiltriert. Ähnlich ist das gegen Ormilia abfallende Profil aufgebaut. In Verbindung mit den bituminös-graphitischen Schiefern steht ein mächtiges Kalkband, das

durchstreichend von Wrasta bis über Ag. Prodromos hinaus verfolgbar ist. Einen guten Einblick in den Aufbau der typischen Phyllitserie geben die Aufschlüsse an der Straße von Arnea nach Saloniki und von Ag. Prodromos nach Poligiros. Auffallend ist, daß die Phyllitschiefer des öfteren von graphitischen Sericitphylliten durchzogen werden, die mit Ausnahme von Wrasta selten größere Mächtigkeit erlangen.

Soweit sichtbar, ist die Aufeinanderfolge von mittlerer und hangender Zone stoffkonkordant! Grenzkonglomerate wurden nicht gefunden. Es hat den Anschein, als ob sich die hangende Zone unter gradueller Metamorphoseabnahme aus der mittleren Zone entwickelt. Das soll freilich nicht heißen, daß beide Zonen gleichalterig sein müssen.

Hinsichtlich der Häufigkeit im Auftreten saurer Injektionen ist der mittleren wie der hangenden Zone eine weitgehende Sterilität eigen, wenn man von den Granitdurchbrüchen bei Stanos und Jerissos absieht. Die von K. Osswald bei Galatista gefundenen Aplite und die von G. Hiessleitner und mir im Bergbaugebiet des basischen Zuges von Ormilia festgestellten Pegmatite bilden Ausnahmen. Hingegen sind die mittlere und hangende Zone die Heimat der Quarzgänge, die in ungeheurer Häufigkeit besonders in der A-Serie von Stanos verbreitet sind.

Tektonisch ist die Konformität im Streichen der beiden Stockwerke nur eine scheinbare. Die mittlere Zone ist betreffs der B-Achsenrichtungen inhomogener als die hangende Zone, selbst wenn man von der kräftigeren Querfaltung an der Basis der mittleren Zone von Stratoniki und Madem Laccos absieht. Äußern sich hiermit etwa zwei verschiedene orogenetische Phasen?

Zur stratigraphischen Stellung der metamorphen Zonen.

Wenn man die allgemeine Ansicht beibehält, daß die Rhodopen ein archaisch-algonkisches Grundgebirge darstellen, muß man sich fragen, welche stratigraphische Position die mittlere Zone einnimmt, deren jüngeres Alter aus dem Vorstehenden mit großer Wahrscheinlichkeit hervorgeht. Handelt es sich um eine infolge der Grundgebirgsnähe stärker metamorphe Fazies der Veles-Phyllit-Serie deren vormittelkarbones Alter wenig umstritten ist? Dagegen spricht unter anderem, daß gerade die basalsten Gesteine der mittleren Zone am schwächsten metamorph sind. Man wird meines Erachtens nicht umhin können, der mittleren Zone auch eine stratigraphische Selbständigkeit zubilligen zu müssen, solange Fossilfunde ausstehen, die das Gegenteil beweisen. Eine exakte Alters-

datierung auf Grund von Indizienschlüssen ist naturgemäß äußerst schwer. Gegen Altpaläozoikum spricht der Metamorphosehabitus, der in diesem Ausmaß weder in den Alpen noch in den Balkaniden im gesicherten Paläozoikum nachgewiesen werden konnte. Das in Bulgarien und Jugoslawien fossilmäßig belegte Altpaläozoikum ist höchstens in der metamorphen Fazies der Phyllitserie ausgebildet[2]. Kambrische Transgressionen sind aus dem alpin-dinarischen Raum bekannt, doch die Artenarmut der kambrischen Geosynklinale läßt kaum einen Vergleich mit der Gesteinsvergesellschaftung der mittleren Zone zu. Präkambrische Diskordanzen sind nach K. Osswald in Makedonien nicht einmal angedeutet. Allerdings erwähnt K. Osswald in der sogenannten Basalgneisserie Breccien-gneis und Konglomeratgneis, welche auf ursprüngliche Diskordanzen hinweisen könnten. Die Gesteinsfolge beiderseits des unteren Strimontales, die K. Osswald der präkambrischen Basalserie zuordnet, paßt lithologisch eher in die mittlere Zone der Chalkidike. Dasselbe gilt von dem Profil F. Kossmats durch den westlichen Teil des Belasicagebirges. Ebenso erinnern die von K. Osswald der Basalgneisserie eingeordneten und von O. H. Erdmannsdörfer genau beschriebenen Amphibolite mit basischen Ergüssen, NW des Doiransees, stark an die Gesteinsvergesellschaftung der B-Serie. Ich bin daher der Meinung, daß die Seriengliederung K. Osswalds für den griechischen Anteil Makedoniens noch lückenhaft, vielfach irreführend ist und für Analogieschlüsse mit Vorsicht zu gebrauchen ist. Hinsichtlich der Basalgneisserie K. Osswalds hat es eher den Anschein, als ob diese die NW-Fortsetzung der mittleren Zone der Chalkidike darstellt. Falls dies richtig ist, wären die Konglomeratgneise der grobklastischen Schieferausbildung von Staigira gleichzusetzen.

Um nun zum Kern der Sache zu kommen, so bin ich der Auffassung, daß für die mittlere Zone am besten altpaläozoisches Alter in Betracht gezogen werden kann. Dafür sprechen regionale Umstände, die Gesteinsfazies, die basischen Eruptiva und der Quarzporphyrvulkanismus (?). Allerdings ist die metamorphe Fazies für

[2] Durch die Liebenswürdigkeit von Prof. W. E. Petrascheck ist mir nach Abschluß des Manuskriptes zur Kenntnis gebracht worden, daß in der Geologie von Bulgarien von Dimitroff (Sofia 1946) das Grundgebirge in einen unteren Horizont und in einen oberen halbmetamorphen Gesteinskomplex getrennt wird. In den Rhodopen ist die obere Serie durch die südbulgarischen Granite stärker metamorph und besteht unter anderem aus Marmor, Zweiglimmerschiefer und Serpentin. Für den oberen Komplex zieht Dimitroff Altpaläozoikum in Betracht. Es ergeben sich hiermit weitgehende Übereinstimmungen mit der von mir angestrebten stratigraphischen Gliederung in griechisch Makedonien.

Altpaläozoikum ungewöhnlich hoch. Man wird sich aber doch damit abfinden müssen, daß am Südostrand der Rhodopen Metamorphose und magmatische Tätigkeit während des Paläozoikums im größeren Maßstab wirksam gewesen sind, als man dies am Alpenbau festzustellen vermag.

Für die Hangendzone (Phyllitserie) möchte ich ähnlich K. Osswald unteres bis mittleres Paläozoikum annehmen. Man könnte sich vorstellen, daß die beiden mächtigen Kalkzüge an der Basis der mittleren und hangenden Zone Abbilder der silurischen und devonischen geosynklinalen Tiefenlage darstellen. Dann wäre das mittlere Stockwerk in der Hauptsache ein silurischer Formationskomplex, während am Aufbau der hangenden Zone vorwiegend Devon beteiligt ist.

Zusammenfassung.

Auf der Halbinsel Chalkidike baut sich diskordant (konkordant) transgressiv über dem Rhodopehochkristallin ein im wesentlichen mesozonales Gesteinspaket auf, das ihrerseits mit scheinbarer Konkordanz in die epizonale Phyllitserie K. Osswalds übergeht. Der Südostrand der Rhodopen beschreibt, im Golf von Jerissos beginnend, einen halbkreisförmigen Bogen und verläßt die Chalkidike mit N—S-Streichen am Ostufer des Wolwisees in Makedonien. Die Fortsetzung des Rhodopemassivs gegen N ist unmittelbar östlich von Nigrita zu suchen, wo sie alsbald unter den jungen Ablagerungen des Strimontales verschwindet. Die Marmore östlich Neo Petrizi gehören wahrscheinlich noch zum Rhodopekristallin. Hingegen dürfte das Kelkajamassiv schon der mittleren Zone angehören.

Hinsichtlich des Metamorphosegrades ist die Chalkidike aus drei kristallinen Zonen aufgebaut, die paketartig übereinanderliegen und durch graduelle in das Hangende hinein abnehmende Metamorphoseintensität gekennzeichnet sind. Im Detail stellen die drei Zonen mehr oder weniger in sich abgeschlossene metamorphtektonische Systeme dar, deren Prägung auf mindestens zwei vom Archaikum bis in das jüngere Paläozoikum wirkende orogene Zyklen zurückzuführen ist. Die Intrusionen saurer und basischer Magmen, die auf der Chalkidike so zahlreich vertreten sind, fügen sich harmonisch in dieses Bild ein und können auf Grund der neuen Untersuchungen nicht als Großphänomene von relativ zeitlicher Geschlossenheit (basische Gesteine im Sinne G. Hiessleitners und Granite im Sinne K. Osswalds) angesehen werden. Wie ich noch an anderer Stelle ausführen werde, ist diese Auffassung

für die granitischen Gesteine der Chalkidike ziemlich bewiesen, hinsichtlich der basischen Gesteine noch hypothetisch, doch von großem, geologisch begründbarem Wahrscheinlichkeitsgrad.

Literaturverzeichnis.

1. Cissarz, A., Die Stellung der Lagerstätten Jugoslawiens im geologischen Raum. Geol. Vesnik, Beograd 1951.
2. Donath, M., Die Entwicklung des Bergbaues und der Metallerzeugung Jugoslawiens seit 1945. Zeitschr. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 1953.
3. Erdmannsdörfer, O. H., Prnar Dagh. Die Kriegsschauplätze 1914 bis 1918, Heft 13, Berlin 1925.
4. Hießleitner, G., Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel. Jahrbuch d. geol. Bundesanstalt, Wien 1951/52, Sonderband 1.
5. Kober, L., Großgliederung der Dinariden. Centralblatt f. Min. Abt. B, 1929.
6. Kossmat, F., Geologie der Zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegsschauplätze 1914—1918, Heft 12, Berlin 1924.
7. Lugeon, M. et Sigg, A., Observations géologiques et pétrographiques dans le Chalkidike oriental. Bull. Soc. des Sciences Naturelles, T. 51, 1917.
8. Maratos, G., Zachos, K., Papanikolaou, N., Geological and geophysical reconnaisance on the metalliferous area of NE Chalkidike. Inst. of Geology a. Subsurface Research, Report 15, Athens 1952.
9. Oekonomidis, Bericht über meine geologischen Studien auf der Chalkidike. Praktica de l'Académie d'Athènes, 1939.
10. Osswald, K., Geologische Geschichte von Griechisch-Makedonien. Ministerium f. Nationalökonomie. Athen 1938.
11. Petrascheck, W. E.: Magmatismus und Metallogenese in Südosteuropa. Geologische Rundschau, Bd. 42, 1953.
12. Schumacher, F., Stier, K., Pfalz, R., Magmatisch-tektonische Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Erzlagerstätten der Balkanhalbinsel. Bull. Min. Hist. Nat. Pays Serbe, A. 3, 1950 (Beograd).
13. Schumacher, F., The ore deposits of Jugoslavia and the development of its mining industry. Economic Geology, August 1954.
14. Wurm, A., Zur Geologie von Ostmakedonien. Neues Jahrb. für Min. etc. 1922.

Langada See

Volvi See

Salonaki

Golf v. Ierissos

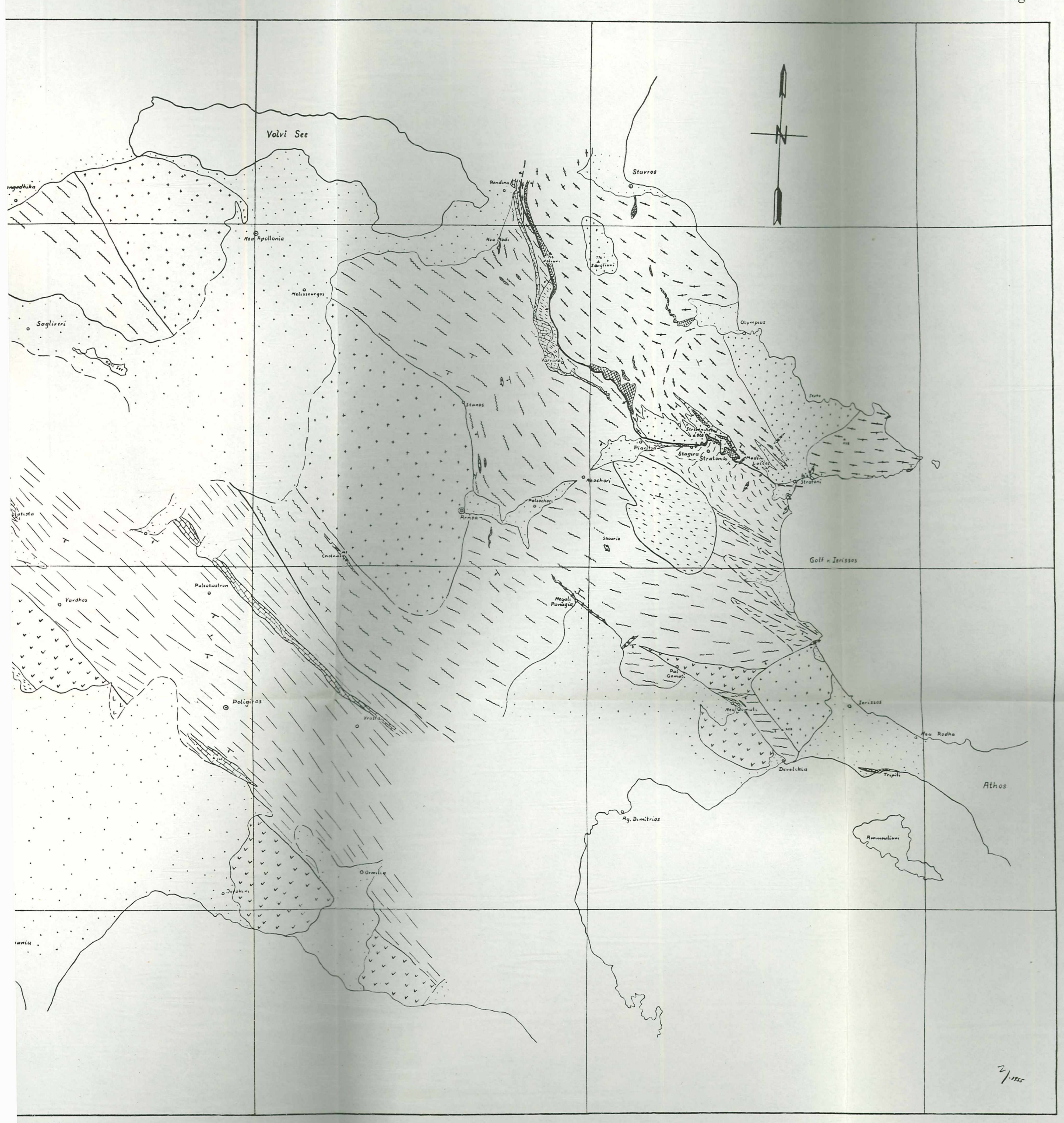
Athos

ı-petrographische Übersichtskarte
und zentralen Teiles der Chalkidike

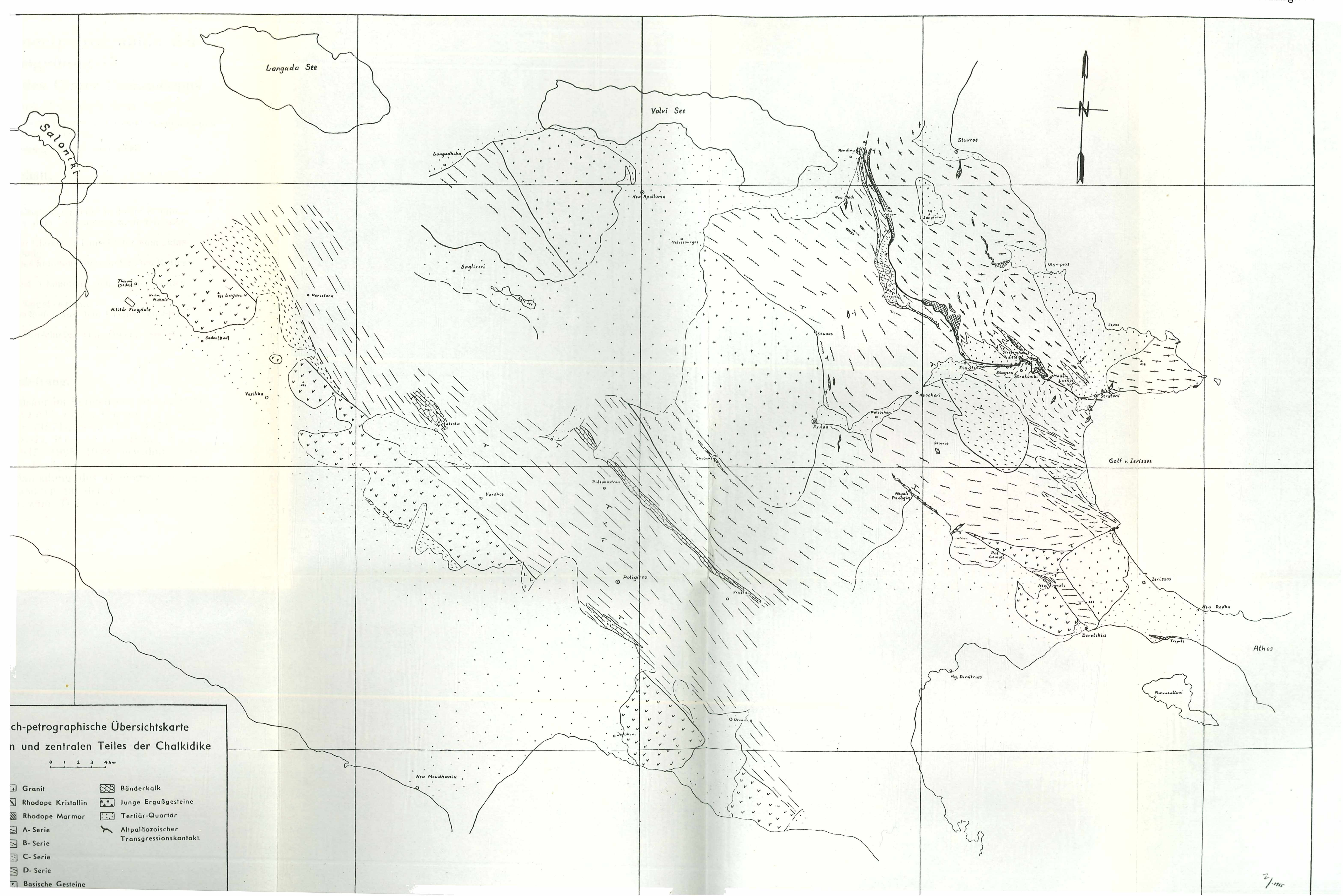
0 1 2 3 4 km

Granit
Rhodope Kristallin
Rhodope Marmor
A- Serie
B- Serie
C- Serie
D- Serie
Basische Gesteine

Bänderkalk
Junge Ergußgesteine
Tertiär-Quartär
Altpaläozoischer Transgressionskontakt



…les der Chalkidike. Entworfen nach geologischen Aufnahmen von W. H. Neubauer unter Benützung der Übersichtskarte von G. Hießleitner und E. Clar.


Langada See
Volvi See
Saloniki
Langadhika
Neo Apollonia
Stavros
Rendina
Olympios
Saglireri
Thermi (Sedes)
Militär Flugplatz
Sedes (Bad)
Peristera
Vasilika
Arnea
Neochori
Stanos
Stagira
Stratoniki
Stratoni
Golf v. Ierissos
Megali Panagia
Vardhos
Paläokastron
Poligiros
Vrasta
Pal. Gomati
Neo Gomati
Ierissos
Nea Rodha
Develikia
Athos
Ag. Dimitrios
Ammouliani
Ormilia
Nea Moudhaniu
ch-petrographische Übersichtskarte
n und zentralen Teiles der Chalkidike
0 1 2 3 4 km
Granit
Rhodope Kristallin
Rhodope Marmor
A- Serie
B- Serie
C- Serie
D- Serie
Basische Gesteine
Bänderkalk
Junge Ergußgesteine
Tertiär-Quartär
Altpaläozoischer Transgressionskontakt.